



Aprendiendo sobre los cambios de estado en educación infantil mediante secuencias de pregunta-predicción-comprobación experimental

Sequences of question-prediction-testing to learn about the states of matter in Preschool Education

Marta Cruz-Guzmán, Antonio García-Carmona, Ana M. Criado
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla.
mcruzguzman@us.es, garcia-carmona@us.es, acriado@us.es

RESUMEN • Aun con sus dificultades y limitaciones, el aprendizaje por indagación está considerado uno de los enfoques didácticos más idóneos para aprender ciencia haciendo ciencia. A fin de ponerlo en práctica en educación infantil, se diseñó una propuesta didáctica basada en secuencias de pregunta-predicción-comprobación. La propuesta se implementó con 83 niños de 2 a 4 años. El propósito era utilizar el aprendizaje por indagación para la iniciación a la ciencia en esta etapa educativa. El tópico elegido fue el de los cambios de estado del agua, del chocolate y de un polo *flash*. Se apreció una evolución de las ideas y capacidades de los niños para formular predicciones y comprobarlas experimentalmente. Se concluye que es posible aprender sobre la relación entre «calentar» o «enfriar» y las transformaciones entre el sólido y el líquido. Muchos llegan a caracterizar cada producto según su estado. Como implicaciones, se estiman pertinentes las actividades manipulativas acompañadas de preguntas y requerimiento de predicciones desde el inicio de educación infantil.

PALABRAS CLAVE: educación infantil; educación científica; estados de la materia; ideas de los niños; aprendizaje por indagación.

ABSTRACT • Although not without difficulties and constraints, inquiry-based learning is currently considered one of the most suitable approaches when it is intended that children learn science by doing science. In order to promote this educational approach in Preschool Education, it was designed a teaching intervention through sequences of question-prediction-testing. It was implemented with 83 children 2 to 4 years old. The purpose of this experience was to use the inquiry-based learning model to initiate children in science. The chosen science content was related with changes of state of water, chocolate and ice pops. An evolution in the children's ideas and abilities to formulate predictions and to test them via experimentation was found. It is concluded that it is possible to learn about the effects of the actions «to heat» and «to chill» in the changes of the matter in solids and liquids. Many children can identify the characteristics of each product depending of its state of matter. Consequently, it is suggested to foster manipulative activities through formulating questions and asking for predictions from the beginning of Preschool Education.

KEYWORDS: Preschool Education; science education; the states of matter; children's ideas; inquiry-based science education.

Recepción: marzo 2017 • Aceptación: julio 2017 • Publicación: noviembre 2017

Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A., Criado, A. M., (2017) Aprendiendo sobre los cambios de estado en educación infantil mediante secuencias de pregunta-predicción-comprobación experimental. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.3, pp. 175-193

INTRODUCCIÓN

La ciencia puede ser entendida como un modo de conocer y explicar los fenómenos que observamos en nuestra interacción con el mundo físico; con lo cual, está orientada a buscar respuestas a preguntas que nos hacemos sobre estos. Estas preguntas suelen surgir de la curiosidad que mostramos, prácticamente desde que nacemos, por comprender el mundo que nos rodea. Cañal (2006) y Peterson y French (2008), entre otros, sostienen que los niños¹ tienen una capacidad innata para construir representaciones sobre la realidad natural, imaginar posibles soluciones a problemas que pueden detectar, planificar actuaciones para comprobar la validez de tales soluciones, hacer predicciones sobre lo que puede ocurrir como resultado de tales actuaciones o experiencias, etc. Por tanto, muestran capacidades potenciales para aprender sobre el mundo físico indagando.

Eshach y Fried (2005) exponen distintas razones para acercar a los niños más pequeños a los contextos científicos: *a)* la motivación intrínseca del niño para explorar el mundo; *b)* la motivación extrínseca que puede generar en el niño la ciencia escolar, con un marcado carácter lúdico, para que desarrolle actitudes positivas hacia la ciencia; *c)* la comprensión temprana de aproximaciones a los conceptos científicos, mediante el uso de un lenguaje apropiado en contextos específicos; y *d)* las capacidades de niños de corta edad para razonar científicamente (por ejemplo, observar la influencia de una variable aislada).

Lo anterior contradice, de algún modo, la visión piagetiana de que los niños en edad preescolar son incapaces de hacer razonamientos mínimamente abstractos (Piaget e Inhelder, 1974). Pero estudios más recientes (De la Blanca, Hidalgo y Burgos, 2013; De Puig y Sátiro, 2011) apuntan que los niños pequeños pueden tener un pensamiento lógico básico y que, por tanto, se deberían iniciar en los procesos elementales de la ciencia. En esta línea, Hinojosa y Sanmartí (2016) proponen una secuencia metodológica para indagar en el aula de 3 a 18 años basada en preguntas, que los niños responden con ayuda de experiencias; el nivel que establecen para niños de 3 a 7 años inspira la propuesta didáctica que se presenta en este trabajo.

El niño tiene que aprender a mirar el mundo que le rodea con una perspectiva científica para poder explicar todos los fenómenos que en él ocurren (Cañal, 2006). Así pues, la escuela debería proporcionarle herramientas para descubrirlo, reconstruir sus ideas hacia otras más válidas, potenciar su interés por él, así como aprender a valorarlo y cuidarlo (García-Carmona, Criado y Cañal, 2014). En este sentido, las actividades experimentales se presentan como un recurso idóneo, pues los escolares pueden aprender sobre los fenómenos naturales que suceden a su alrededor mediante la interacción directa con estos, en un clima de diversión. Así lo corroboran estudios recientes (e.g., Gómez-Montilla y Ruiz-Gallardo, 2016), al comprobar cómo estas actividades constituyen una estrategia didáctica interesante para el aprendizaje y la estimulación de los infantes hacia la ciencia.

Asimismo, es importante estimular un pensamiento crítico en los niños, ayudarlos a interactuar con el mundo y activar en ellos una conciencia sobre el papel que la ciencia puede tener en la vida cotidiana. En este sentido, Izquierdo (2012) y Cañal, García-Carmona y Cruz-Guzmán (2016), entre otros, sugieren que en las etapas educativas iniciales se debería comenzar a desarrollar la idea de interacción. Por ejemplo, se debería prestar atención a que muchos de los cambios de la materia son debidos a intercambios (energéticos) que modifican su temperatura. Lógicamente, todo esto se debe adaptar al nivel madurativo de los niños. Un buen modo de hacerlo es mediante preguntas que ellos sean capaces de responder, con el fin de que puedan ir modificando su lenguaje conforme tengan más cosas que decir sobre fenómenos naturales fácilmente reconocibles por ellos.

1. Este artículo utiliza lenguaje no sexista. Las referencias a personas o colectivos en género masculino se hacen por economía del lenguaje y deben entenderse como un género gramatical no marcado.

Por todo ello, se planteó llevar a cabo una experiencia educativa en infantil basada en la iteración de secuencias de pregunta - predicción - comprobación experimental para aprender sobre: *i*) la textura del hielo y la sensación térmica que produce, *ii*) las características perceptibles que tienen los líquidos y los sólidos, *iii*) cómo se pueden provocar cambios de estado del agua y de algunos productos cotidianos, y *iv*) la conservación de la identidad de la materia en esos cambios de estado. La elección del tópico responde a que el agua es el prototipo de líquido para los niños, por tanto, el idóneo para empezar a aprender sobre los cambios de estado (Prieto, Blanco y González, 2000).

La formulación de preguntas y predicciones en educación infantil

Aun sin estar exento de dificultades y limitaciones a la hora de su implementación en el aula, el aprendizaje por indagación (API, en adelante) se instituye como uno de los enfoques más apropiados para aprender ciencia (Harlen, 2013); incluso, en las etapas educativas de infantil (Cutler *et al.*, 2012), ya que –como se ha dicho– los niños tienen una incipiente capacidad de razonamiento que pueden usar en la construcción de conocimiento científico cuando se los guía adecuadamente (Duschl, Schweingruber y Shouse, 2006; Nayfeld, Brenneman y Gelman, 2011).

El API promueve, entre otros procesos, la observación, la identificación y formulación de preguntas, el establecimiento de hipótesis y la comprobación de estas mediante experimentación (Cañal, García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016). Por tanto, es idóneo para aprender ciencia haciendo ciencia. Para ello, es importante que el profesorado proponga preguntas que propicien indagaciones interesantes y apropiadas para los escolares (Cruz-Guzmán, García-Carmona y Criado, 2017; Martí, 2012). Además, es conveniente que estos se habitúen primero a hacer observaciones de perfil científico (Johnston, 2009), así como a formular hipótesis y planificar su comprobación (Binti y Mohd, 2014).

La etapa de infantil es ideal para potenciar en los niños la capacidad de observar y hacer predicciones.² El proyecto «La main a la paté» (AA. VV., 2003) sugiere que para conseguir que niños pequeños hagan predicciones, se prioricen preguntas del tipo «¿Qué puede pasar si?». Asimismo, se debe fomentar que las predicciones vayan acompañadas de una propuesta escolar para comprobar su validez. Al reflexionar sobre esto con niños de 3-5 años, Díez (2009) comenta que: «mis alumnos [...] me escuchan sin saber muy bien a qué viene que un adulto se pregunte tantas cosas en lugar de tener sus dudas ya resueltas, pero después empiezan a aportar sus versiones sobre lo que planteo, y sus propias ideas les van dando fuerza, seguridad y capacidades» (p. 52).

Algunos estudios señalan que los niños pueden formular sus propias preguntas y conjeturas desde los 4 años de edad (Kohlhauf, Rutke y Neuhaus, 2011). Asimismo, llegan a comprender que puede haber diferentes predicciones, comprobables mediante la observación y/o la experimentación.

Los contenidos de ciencia escolar para infantil: propuestas y antecedente de investigación

En infantil se deben tratar contenidos relacionados con hechos perceptibles por el niño, presentes en su cotidianidad y por los que sienta cierta atracción (García-Carmona, Criado y Cañal, 2014). Temáticas populares en esta etapa son el aire y sus propiedades (Martínez-Torregrosa *et al.*, 2002), los animales (Romero, 2000) y las plantas (Gómez-Montilla y Ruiz-Gallardo, 2016). Los fenómenos naturales relacionados con el tiempo meteorológico y la astronomía resultan también atractivos, por lo que se instituyen en centros de atención óptimos para aprender ciencia en infantil (Burtscher, 2011). Por

2. Siguiendo los planteamientos de Martí (2012), se opta por emplear el término *predicción*, en vez del de *hipótesis*, porque los escolares de temprana edad no suelen ser capaces de formular una declaración provisional y fundamentada para explicar un hecho establecido.

ejemplo, Siry y Kremer (2011) partieron de las ideas de los niños sobre el arcoíris para iniciarlos en procesos de indagación científica.

Se han llevado a cabo experiencias exitosas con fenómenos relacionados con la luz. Así, Impedovo, Delserieys-Pedregosa, Jégou y Ravanis (2017) estudiaron la formación de sombras con niños de 5 y 6 años franceses, y observaron que estos adquirieron un modelo básico sobre este fenómeno.

El agua, sus propiedades y los cambios de estado suelen recibir también una atención especial en infantil (AA. VV., 2003), dada la familiaridad de los niños con ella, y la facilidad en su manipulación. Hsin y Wu (2011) también se centran en el agua como medio para promover la comprensión de la flotabilidad en niños de 4 a 5 años, atendiendo a factores como el peso, el volumen y la naturaleza del objeto.

Malleus, Kikas y Marken (2017) estudiaron las ideas de niños de 5 años sobre las nubes y la lluvia, y confirmaron que las relativas a los cambios de estado eran, en su mayoría, coincidentes con la literatura al respecto. Concluyen que las ideas científicas se desarrollan antes del aprendizaje académico correspondiente, y que estas se construyen a partir de sus experiencias personales, explicaciones de los padres, compañeros, series de dibujos animados, etc.

La comprensión del ciclo del agua es, sin duda, una meta importante de la ciencia escolar, pero puede exigir demasiada inferencia por parte de niños que acaban de aprender los cambios de estado. Prieto, Blanco y González (2000) explican que, cuando los niños de 5 años dicen que el agua se evapora, lo interpretan como que «desaparece», en el sentido de que no se conserva. En cambio, Kambouri y Michaelides (2014) obtienen resultados positivos de comprensión al tratar con niños de 4 a 5 años el ciclo del agua mediante dramatizaciones, abordando preguntas del tipo «¿Qué crees que le ocurre al agua cuando hace mucho calor?».

En este punto, se puede plantear la dificultad del alumnado de infantil para comprender fenómenos como la identidad de la sustancia³ en los cambios de estado; es decir, que el hielo cambie y, al mismo tiempo, siga siendo lo mismo (agua). Sin embargo, una cosa es la capacidad lógica para entender los cambios de estado, desde la perspectiva piagetiana genérica de la conservación de la materia, y otra lograr un aprendizaje determinado sobre una sustancia con la que están muy familiarizados desde pequeños y sobre la que pueden desarrollar conocimientos concretos basados en experiencias. Esta última perspectiva es la que se asume en este trabajo.

¿Cómo diseñar propuestas didácticas para enseñar ciencia por indagación en infantil?

Distintos autores han abordado secuencias didácticas de naturaleza indagadora en infantil para favorecer la formulación de conjeturas y la experimentación. Siry y Kremer (2011) estudiaron las explicaciones de niños de 5 y 6 años sobre el arcoíris. Estas autoras muestran la importancia de utilizar sus explicaciones como punto de partida para planear la instrucción, destacando no solo la utilización de dibujos como forma de expresión infantil, sino también las oportunidades para discutir las ideas de los niños. Resaltan que las interacciones entre iguales se muestran necesarias para co-construir conceptos científicos, aprendiendo «de» y «con» los demás. Asimismo, estos momentos de discusión –añaden– son necesarios como punto de partida para el andamiaje que provee el docente. Coinciden así con Impedovo *et al.* (2017), quienes animan en sus propuestas didácticas a que niños de 5 a 6 años expresen sus puntos de vista, sus predicciones y sus observaciones ante un fenómeno como el de la formación de sombras. Las autoras concluyen que los escolares logran construir predicciones del fenómeno si son adecuadamente guiados por sus profesores.

3. Durante el desarrollo de la experiencia se utilizó el término *sustancia* en su significado cotidiano más general, incluyendo como tales el chocolate o el polo *flash*, que, obviamente, desde la química no se consideran como tales.

Herakleioti y Pantidos (2016) también diseñaron e implementaron una actividad para trabajar las sombras con niños de infantil. El resultado fue que estos pudieron hacer predicciones, y las comprobaron utilizando sus propios cuerpos como obstáculos a la luz. Además, manejaron y modificaron distintas variables, tales como la dirección de la luz y posiciones relativas de la fuente de luz y del obstáculo.

Hsin y Wu (2011) encuentran que las actividades experimentales por sí solas pueden no ser suficientes para comprender ciertos contenidos en infantil, por lo que su combinación con estrategias de andamiaje son muy necesarias. Esto lo hacen mediante preguntas, indicaciones y gestos que ayudan a los niños a experimentar, comparar y recordar sus ideas previas.

OBJETIVOS

Con todo, se planteó llevar a cabo una experiencia educativa sobre algunos aspectos relacionados con los cambios de estado del agua y otros productos con escolares de dos niveles de la etapa de infantil, mediante el API. El propósito del trabajo es que esta experiencia pueda ser de utilidad para otros profesores de infantil interesados en iniciar a los escolares de la etapa en el API. El desarrollo de la experiencia se concretó en los siguientes objetivos:

1. Utilizar el API para iniciar a escolares de infantil en la ciencia, potenciando la realización de predicciones y la experimentación con razonamientos guiados para comprobar sus propias ideas, ya sean científicamente válidas o alternativas, y lograr emociones positivas hacia la ciencia.
2. Explorar los avances que se pueden lograr en cuanto a la caracterización de los tres estados en los que se pueden encontrar el agua, el chocolate o el polo *flash*.
3. Explorar los avances que se pueden lograr con los escolares en torno a la asociación de que «calentando» (aumentando la temperatura) agua, chocolate o polo *flash* se produce la secuencia de transformaciones sólido – líquido – vapor; y «enfriando» (disminuyendo la temperatura), la secuencia invertida.
4. Conocer si los niños pueden asumir nociones acerca de la conservación de la identidad de la sustancia (agua) durante los cambios de estado, aun con cambios en su apariencia, y si son capaces de aplicar lo aprendido al respecto en los cambios de estado de otros productos como el chocolate.
5. Determinar la eficacia de la implementación de la secuencia didáctica según el nivel educativo del alumnado dentro de infantil (2-3 y 3-4 años).

METODOLOGÍA

Participantes y metodología de análisis

La experiencia educativa se implementó durante dos cursos académicos consecutivos (2014/2015 y 2015/2016) con escolares de infantil pertenecientes a un centro escolar de Sevilla capital, que acoge a una población de clase social media. En total participaron 39 escolares del último curso del 1.º ciclo de infantil (2-3 años), y 44 del primer curso del 2.º ciclo (3-4 años).

La intervención docente fue realizada por la primera autora, acompañada por las profesoras habituales de los niños. Los instrumentos utilizados para obtener la información fueron: *i*) respuestas orales recogidas mediante grabaciones de audio durante toda la experiencia para su posterior transcripción; *ii*) una ficha de aplicación (realizada al final de la primera parte) en la que el alumnado coloca una pegatina con la imagen de un hielo en el lugar en el que creen que se derretirá antes (eligen entre una mesa con un mantel y el fuego de una cocina); *iii*) dibujos solicitados para identificar su comprensión

de los fenómenos en la fusión del chocolate y la congelación del polo *flash* (se muestran algunos en las figuras 3-5), y *iv*) datos sobre la elección de un tipo de disfraz (figura 2) representativo de «calentar» o «enfriar» en una fase de dramatización.

En el marco de una innovación educativa, la cuantificación de las respuestas obtenidas se hizo de manera aproximada, anotando los datos observados inmediatamente después de poner en práctica las actividades y transcribiendo las grabaciones de audio mencionadas. Toda esta información fue analizada desde una perspectiva descriptiva.

DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta didáctica que se diseñó sigue la secuencia de formulación de preguntas por la docente, la elaboración de predicciones por parte del alumnado y la comprobación de estas (tabla 1). Ello se concretó en cuatro fases, que se denominaron: 1. El hielo atrapa objetos; 2. Dramatización sobre los cambios de estado; 3. *¿Los cambios de estado se dan con otros productos distintos al agua?* Fusión del chocolate; y 4. *¿Los cambios de estado se dan con otros productos distintos al agua?* Congelación de un polo *flash*.

Tabla 1.
Diseño de la secuencia de enseñanza

Fases de la secuencia	Actividades desarrolladas	Preguntas que se realizan	Contenidos que se tratan
1. ^a El hielo atrapa objetos	Planteamiento de predicciones sobre cómo sacar objeto ocluido en el hielo	<i>¿Qué podemos hacer para ayudar a Coco? Ante dos trozos de hielo, uno en la cacerola y otro en una mesa, ¿qué trozo de hielo se derretirá antes?</i> <i>¿Qué es esto, cómo se llama?</i> <i>Cuando lo tocáis, ¿qué sentís?</i> <i>¿Qué queréis sacar antes?</i> <i>Entonces, ¿qué recipiente tenemos que calentar y cuál debe quedarse en nuestra mano?</i>	Textura del hielo y sensación térmica que produce. Planteamiento de predicciones.
	Comprobación de las predicciones	<i>¿Lo comprobamos?</i> <i>¿Dónde se derrite más rápido el hielo, dándole golpes o aplicándole calor?(como recuerdo de su predicción propuesta en fase anterior)</i> <i>¿Por qué hay agua en el cazo?</i> <i>¿Sabéis qué es este humito blanco?</i> <i>Ya se ha derretido el hielo, entonces ¿qué hay en la cacerola ahora?</i> <i>¿Por qué el lápiz sigue congelado y no se puede sacar?</i>	Efecto del calentamiento en el estado del hielo. El agua que proviene del hielo se encuentra en estado líquido. Naturaleza acuosa del vapor de agua.
	Ficha de aplicación. Pegatina en el lugar en el que se derretirá antes el hielo	<i>¿Qué es lo que veis?</i>	Relación entre el tiempo de fusión y la temperatura del medio.
2. ^a Dramatización sobre los cambios de estado		<i>¿Qué ha de darse para que el hielo (o agua líquida, o vapor de agua) pase a agua (o a hielo o a vapor de agua)?</i>	Causas de los distintos cambios de estado del agua.

Fases de la secuencia	Actividades desarrolladas	Preguntas que se realizan	Contenidos que se tratan
3. ^a ¿Los cambios de estado se dan con otros productos distintos al agua? Fusión del chocolate	I. Presentación del chocolate sólido	¿El chocolate en qué estado está: sólido, líquido o gaseoso? Si lo ponemos sobre el hornillo, ¿qué le pasará?	La fusión del sólido no modifica su identidad.
	II. Fusión del chocolate	Este líquido que ha aparecido, ¿de dónde ha salido? El humito que se ve, ¿de dónde ha salido?	
4. ^a ¿Los cambios de estado se dan con otros productos distintos al agua? Congelación de un polo <i>flash</i>	I. Presentación del polo <i>flash</i> líquido	¿En qué estado se halla el polo: sólido, líquido o gaseoso? ¿Está frío o caliente? ¿Está blando o duro? ¿Se mueve por dentro o no?	Características de del polo <i>flash</i> líquido (temperatura, dureza / fluidez).
	II. Se mete en nevera y se saca el congelado	Si lo ponemos en el congelador, ¿qué le pasará?	Cambio de estado, la congelación.
	III. Presentación del polo <i>flash</i> congelado	¿Está frío o caliente? ¿Está blando o duro? ¿Se mueve por dentro o no?	Características de del polo <i>flash</i> sólido (temperatura, dureza / fluidez).

DESARROLLO DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y RESULTADOS

Primera parte: El hielo atrapa objetos (tabla 2)

Partiendo de la propuesta de Garoña *et al.* (2014), se comienza con la pregunta: *En mi casa un cocodrilo que se llama Coco ha estado jugando en el congelador y se ha dejado un lápiz y una piruleta metidos en agua. Con el frío esta se ha congelado, y ahora no hay manera de sacar ni uno ni otra del hielo, que está durísimo... ¿Qué podemos hacer para ayudar a Coco? El pobre está llorando...* [Se enseña el muñeco y recipientes de lo que se narra].

Las reacciones son distintas según el ciclo del que se trate. En el primero (2-3 años), no conocen los procesos de congelación y fusión. Los términos *nevera* y *congelador* se sustituyen por *frigorífico*. Al apreciar que les interesa tocar el hielo, se prioriza que sientan el hielo antes de seguir con la intervención. Se pasa el hielo por todos los grupos para que lo toquen. Les llama la atención la textura y lo «frío» que está. Un niño dice que quiere ayudar a sacar el objeto del hielo, pero que no sabe cómo. Les sorprende que el hielo pueda atrapar objetos y no los deje salir. También quieren tocar los objetos, el lápiz y la piruleta. En general, no son capaces de plantear ninguna predicción, y si las formulan, estas son sencillas («con un cuchillo») y sin relación con la acción de calentar. En ambos casos, se los ayuda comentándoles que pueden utilizar un hornillo para que se derrita el hielo (figura 1). Y se les pregunta de nuevo: *Ante dos trozos de hielo, uno en la cacerola y otro en una mesa, ¿qué trozo de hielo se derretirá antes?* La mayoría vuelve a ser incapaz de plantear una predicción, ya que no conocen el efecto de la temperatura en el hielo. Solo un niño propone la respuesta apropiada. El resto se decanta por «el que tengo en la mesa» (porque este tiene una piruleta, que les gusta más). Típico razonamiento prelógico piagetiano por transducción o asociación (Delval, 2002), según su «lógica subjetiva».

Ya en el segundo ciclo (3-4 años), los escolares responden planteando predicciones de bajo nivel de abstracción, como: «calentándolo» o «golpeando el hielo». Todos están de acuerdo, por lo que se comprueban ambas. Pero antes de continuar se les pregunta: «¿Qué es esto, cómo se llama?». Muchos no responden, otros dicen que «está congelado», e incluso que «se llama hielo».

Luego, ante la pregunta «*Cuando lo tocáis, ¿qué sentís?*», la mayoría dice: «frió». Ahora sí adquieren conciencia del proceso de congelación y de fusión con las palabras *congelar* y *derretir*, respectivamente. Entonces, se les vuelve a preguntar «¿Qué queréis sacar antes?», y todos los escolares responden: «La piruleta».

A continuación, se les pregunta: «*Entonces, ¿qué recipiente tenemos que calentar y cuál debe quedarse en nuestra mano?*». La mayoría sabe que el recipiente que está en el hornillo (el que tiene la piruleta) se derretirá antes que el que está en la mano de la docente. Sin embargo, necesitan comprobar que la piruleta quedará libre del hielo en el hornillo antes que dándole golpes. Por tanto, llegan a ser capaces de plantear sus predicciones ante ambas preguntas y, consecuentemente, anticipar sendos fenómenos.



Fig. 1. El hielo se transforma en agua líquida cuando el hornillo la calienta.

Se pasa a comprobar la predicción planteada. En el primer ciclo, además de comprobar su predicción «con un cuchillo» (utilizando herramientas menos lesivas), es la docente la que propone el uso del calentamiento para liberar la piruleta del hielo. Se les explica lo que se va a hacer y por qué. Se saca el hielo del recipiente y se introduce en una cacerola situada sobre un hornillo eléctrico. El hielo se funde rápidamente y empieza a salir vapor de agua. Cuando observan la fusión y evaporación del agua, se les pregunta: «¿Por qué hay agua en el cazo?». Las respuestas más comunes son que «el agua viene del grifo», «el hielo se ha congelado», o que «el hielo se ha derretido» (un niño). Se les explica que las altas temperaturas hacen que el hielo se derrita, por lo que el agua surge del hielo; allí no hay grifo. Asimismo, la docente procura que se fijen en el vapor de agua, porque por sí solos no lo hacían, y cuando les pregunta «¿Sabéis qué es este humito blanco?» nadie contesta. Así que se les dice que «con calorcito, el hielo se derrite». El *humo* procede del agua.

Ya en el segundo ciclo, se parte de sus predicciones preguntándoles: «¿Lo comprobamos?»; todos responden que sí emocionados. Al comenzar la comprobación, se les explica que tienen que permanecer en sus sitios porque se pueden quemar. Conocen el fuego, aunque no utilizan los términos *calor* o *calentar*. Todos tienen mucho interés en la comprobación y están atentos al hielo. Cuando se saca el hielo del recipiente con una piruleta dentro, se quedan extasiados. Es algo muy motivante para ellos. Les gusta ver

cómo se va deshaciendo el hielo. También en el segundo ciclo desconocen el vapor de agua. Se les hace ver el «humito blanco». En este momento se les recuerdan las dos predicciones que ellos formularon tras la pregunta «¿Cómo se derrite más rápido el hielo, dándole golpes o aplicándole calor?», para que puedan ahora analizar si era válida o no, y los ayude a construir su conocimiento al respecto.

A la hora de analizar los fenómenos que han observado, se apoya la reflexión de los escolares del segundo ciclo solicitándoles que respondan al requerimiento: «*Ya se ha derretido el hielo, entonces ¿ahora qué hay en la cacerola?*». Sorprendentemente, una considerable proporción del alumnado no sabe que el hielo se ha convertido en agua líquida. Responden que es «vapor», «hielo»... Se les explica que antes no se podía sacar la piruleta porque el agua estaba «congelada». El agua ha cambiado de estado (utilizamos la terminología para que asocien dichas etiquetas a lo que están observando). Entonces, a modo de síntesis se les pregunta: «¿Por qué el lápiz sigue congelado y no se puede sacar?». Algunos responden que «porque no está en agua caliente», «porque no tiene vapor»..., por lo que siguen sin considerar que el agua del hielo es la misma agua que pasa a estar líquida en la cacerola. Pero cerca de la mitad del alumnado sí entiende que el agua viene del hielo y que, por tanto, es la misma agua que formaba el hielo. De la misma manera que disfrutaban viendo el bloque de hielo con la piruleta dentro, ahora les gusta ver el agua resultante del calentamiento. La transformación les causa sorpresa. Con una cuchara se les enseña el líquido obtenido, y alguien dice: «Agua». Se les refuerza que aquello es agua *líquida* y ven cómo cae con la cuchara.

Con el fin de que puedan expresar sus ideas sobre los fenómenos observados, se les pide que pongan una pegatina, con la imagen de un recipiente con hielo, en un instrumento diseñado por la docente (se omite por falta de espacio) en el que aparecen dos fotos, el fuego de una cocina y una mesa con un mantel. Tienen que colocarla donde crean que el hielo se derrite antes. Cuando se les pregunta: «¿*Qué es lo que veis?*», se obtiene que en el primer ciclo saben qué es una mesa, pero no reconocen el fuego. Una baja porción (8/39) del primer ciclo pone bien la pegatina sin decirle nada. A la mayoría hay que guiarlos, y hay escolares que no tienen interés, arrugan la ficha o rompen la pegatina. En muchos casos, pierden el interés porque parece que ha sido difícil para ellos. Quieren cambiar de actividad. Solo una de las dos clases de este nivel pudo seguir con las siguientes partes de la secuencia didáctica.

Por el contrario, en el segundo ciclo identifican adecuadamente la «sartén», «el fuego de cocina» y la «cacerola». El hecho de preguntarles por lo que ven, en lugar de decirlo la docente, permite felicitarles como refuerzo positivo. Se fomenta su autonomía y creatividad: «sois muy mayores, vosotros ponéis la pegatina del hielo donde penséis que se va a derretir antes, sin que nadie os diga nada; pensad dónde creéis que se va a derretir rápido». Todos los escolares hacen la predicción correcta y ponen la pegatina del hielo en el fuego de cocina; todos muestran interés.

Tabla 2.
Resultados obtenidos en la primera fase de la secuencia didáctica
El hielo atrapa objetos. [Se trabajan los objetivos 1, 2, 3, 4 y 5 ya comentados]⁴

Nivel	Ideas previas	Objetivos conseguidos	Objetivos no conseguidos
1.º ciclo	<ul style="list-style-type: none"> – No conocen el proceso de congelación y de fusión. – No conocen el efecto del calentamiento en el estado del hielo. 	<ul style="list-style-type: none"> – Conocen la textura del hielo y la sensación térmica que produce. – Una baja proporción hace una predicción, aunque no esté relacionada con la aplicación de calor. – En general, disfrutan de la manipulación física (tocar hielo, darle golpes). 	<ul style="list-style-type: none"> – En general, no hacen predicciones. – No conocen el fuego de cocina. – La mayoría continúan sin conocer el efecto del calentamiento en el estado del hielo. – La mitad del alumnado pierde el interés en la parte no manipulativa de la experiencia, al tratar conceptos abstractos para ellos.
2.º ciclo	<ul style="list-style-type: none"> – Conocen el hielo, la congelación. – Conocen el efecto del calentamiento en el estado del hielo, pero no relacionan el tiempo de fusión con la temperatura del medio, por lo que es un reto descubrir este factor. – Conocen el fuego de cocina. 	<ul style="list-style-type: none"> – En general, hacen predicciones variadas, relacionadas o no con la aplicación de calor. – Emociones muy positivas durante toda la actividad, no solo con la manipulación física. El descubrimiento de conceptos, las transformaciones, les alegra y sorprende. – La mitad del alumnado sabe que el agua que proviene del hielo se encuentra en estado líquido. – Captan que el agua forma un «humito blanco» al calentarse. – Saben que el tiempo de fusión del hielo cuando se le aplica calor es menor que cuando se le da golpes o se deja a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> – Tras la experiencia, una proporción del alumnado sigue sin asimilar que el agua líquida que aparece viene del hielo. – Aun observando el estado gaseoso,¹ no suelen entender este estado de la materia, ni reconocen su naturaleza acuosa. Lo identifican como «humo» que desaparece.

Segunda parte: Dramatización sobre los cambios de estado (tabla 3)

A través de una dramatización, se busca que los escolares apliquen lo aprendido, lo expresen, refuerzan los conceptos y jueguen. Para ello, se les muestran dos disfraces, uno con el que se trabaja el proceso de enfriar y otro el de calentar (figura 2). En este contexto, sería bueno empezar a asociar: «caliente» con «temperatura alta» y «frío» con «temperatura baja».

En esta parte, todos quieren disfrazarse. Se imprimen tres láminas grandes, una con una foto de hielo, otra con una foto de agua y otra de vapor de agua. Mostrándoles dos de ellas sucesivamente, se les pregunta: «¿Quién *debe ocurrir para que el hielo pase a agua?*». Cada niño elige el disfraz del proceso de calentamiento. De este modo, se van haciendo preguntas con los cambios de estado y los escolares van eligiendo el disfraz correspondiente. Si la selección es adecuada, reciben un premio de la docente.

4. El agua en estado gaseoso no se ve, el vapor es una suspensión de diminutas gotas (líquidas), pero es lo más parecido a un gas «perceptible» con productos de la vida cotidiana, para que los niños tengan un referente empírico al que asociar la etiqueta «gas».



Fig. 2. Disfraces utilizados en la dramatización sobre los procesos de enfriar y calentar.

Todos los escolares quieren salir, todos están muy atentos. En los dos niveles educativos, la mayoría sabe que para convertir hielo en agua líquida hace falta aportar calor, lo mismo que para pasar agua a «humito» (vapor de agua). Es lo que acaban de vivenciar. Sin embargo, solo los del segundo ciclo saben que para pasar agua a hielo hace falta enfriarlo. Para estos últimos, el paso más complicado es el de hielo a vapor de agua. Les cuesta, pero lo acaban haciendo bien. De acuerdo con Izquierdo (2012), se optó por no abordar la condensación, ya que, incluso alumnado mayor al participante en esta experiencia suele encontrar dificultades para comprender procesos inversos como este.

Tabla 3.
Resultados obtenidos en la segunda fase de la secuencia didáctica,
Dramatización sobre los cambios de estado [Se trabajan los objetivos 3 y 5]

Nivel	Objetivos conseguidos	Objetivos no conseguidos
1. ^{er} ciclo	<ul style="list-style-type: none"> – Algo menos de la mitad sabe que para convertir hielo en agua líquida hace falta aportar calor. – Algo menos de la mitad sabe que para convertir el agua líquida en «humito» hace falta aportar calor. 	<ul style="list-style-type: none"> – Nadie conoce la necesidad de enfriar el agua líquida para que pase a hielo (efecto inverso).
2. ^o ciclo	<ul style="list-style-type: none"> – La mayoría sabe que para convertir hielo en agua líquida hace falta aportar calor. – La mayoría sabe que para convertir el agua líquida en «humito» hace falta calentar. – Conocen la necesidad de enfriar el agua líquida para que pase a hielo. 	<ul style="list-style-type: none"> – A una pequeña proporción le sigue costando comprender la necesidad del calentamiento para que el hielo acabe convirtiéndose en vapor de agua. – La condensación del vapor.

Tercera parte. ¿Los cambios de estado se dan con otros productos distintos al agua? Fusión del chocolate (tabla 4)

En la anterior actividad se comprueba que muchos escolares aprenden sobre los cambios de estado del agua. Ahora se analiza si pueden aplicar sus conocimientos sobre los cambios de estado del agua al caso de otros productos. Se pretende saber si pueden asimilar que un producto sólido que se funde sigue

siendo el mismo producto, y que el líquido mantiene su identidad al congelarse. Para ello, se realizan dos actividades consecutivas. La primera consiste en fundir chocolate en un cazo sobre el hornillo. Se toma una tableta de chocolate y se calienta en el hornillo. A continuación, se hacen varias preguntas: «¿El chocolate en qué estado está, sólido, líquido o gaseoso?»; «¿Si lo ponemos sobre *el hornillo*, *qué le pasará?*»; «*Este líquido que ha aparecido, ¿de dónde ha salido?*»; «*El humito⁵ que se ve, ¿de dónde ha salido?*».

En ambos ciclos de infantil, en un principio no conocen o confunden el estado sólido con el líquido. Se les explica que si el producto no se derrama, si no moja, es sólido; en caso contrario, es líquido. Pero, en general, estas breves indicaciones no calan en el alumnado del primer ciclo, ya que tras la explicación se les pregunta: «*Entonces, ¿esta tableta de chocolate es sólida o líquida?*», y responden: «Es líquida».

En ambos ciclos establecen la predicción «se derrite» cuando se les pregunta «*Si le aplicamos calor, ¿qué le pasará?*». En el segundo ciclo predicen bien que el chocolate sólido se va a derretir y, al comprobarlo (no quieren hacerlo porque quieren comérselo), comprenden que la causa ha sido «el calor», apreciando así el estado líquido del chocolate. Saben que el líquido venía del chocolate (figura 3a). Sin embargo, algunos niños, al representarlo en la actividad de aplicación, pueden dibujar hielo para derretir chocolate, o asociar el calor a la cocción de alimentos y no a los cambios de estado (figura 3b). Incluso, en esos casos, el líquido resultante es agua, por lo que no proviene del mismo producto que se derrite. En primer ciclo, cuando se les pide que dibujen algo de la experiencia realizada (figura 3c), algunos dibujan chocolate o incluso «algo que se derrama» (terminología que se empleó para explicarles la naturaleza del estado líquido).

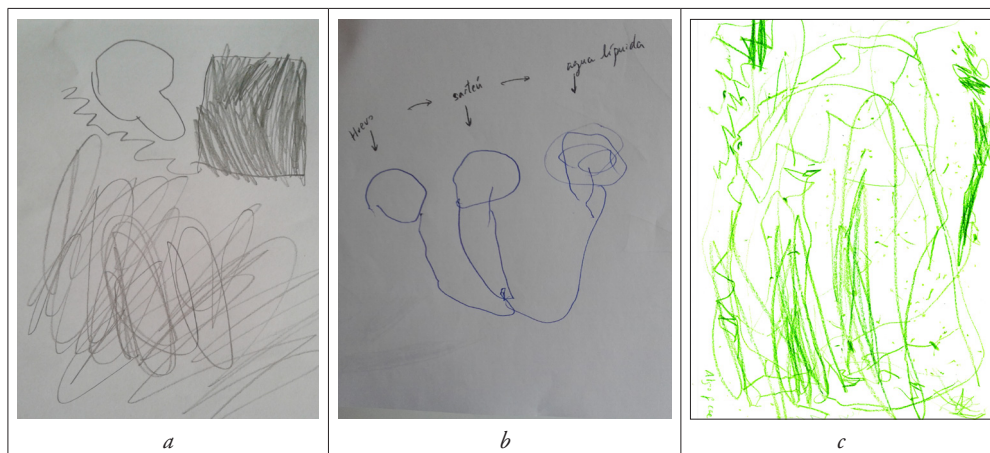


Fig. 3. a) Dibujo que representa de derecha a izquierda cómo el chocolate sólido en la olla con fuego se derrite (segundo ciclo); b) Dibujo de la fusión del chocolate, en el que aparece un huevo que en la sartén pasa a agua líquida (segundo ciclo); c) Dibujo de *algo que se derrama* (primer ciclo).

5. El chocolate es una mezcla de sustancias, que tendrán, cada una de ellas, diferentes puntos de fusión, por lo que no se puede categorizar como «sustancia química». Pero la idea, en este caso, es que observen la secuencia «sólido-líquido-vapor» en un «producto» cotidiano, a medida que aumenta la temperatura del «producto».

Tabla 4.

Resultados obtenidos en la tercera fase
de la secuencia didáctica ¿Los cambios de estado se dan *con otros productos distintos al agua?* *Fusión del chocolate* [Se trabajan los objetivos 1, 2, 3, 4 y 5 ya comentados]

Nivel	Ideas previas	Objetivos conseguidos	Objetivos no conseguidos
1.º ciclo	– No conocen o confunden los estados sólido y líquido.	– La mitad establece predicciones, el chocolate se derretirá con calor. – Algunos dibujan los líquidos como «algo que se derrama».	– No conocen o confunden los estados sólidos y líquidos. – No tienen interés por comprobar la fusión del chocolate, prefieren comerlo.
2.º ciclo	– No conocen o confunden los estados sólido y líquido.	– Establecen predicciones, el chocolate se derretirá con calor y será líquido. – La mitad conoce que la identidad del chocolate se mantiene al cambiar de estado.	– Existen dibujos que indican confusión en los conceptos adquiridos (agua como el producto de la fusión del chocolate o hielo como causa de la fusión del chocolate). – Algunos se centran en el cazo utilizado en la experiencia, y asocian el calor a la cocción de alimentos y no a los cambios de estado.

Cuarta parte. ¿Los cambios de estado se dan con otros productos distintos al agua? Congelación de un polo *flash* (tabla 5)

Esta actividad consiste en la congelación de un polo *flash*. Se lleva a clase un líquido y una nevera portátil con bastante hielo (en realidad también se lleva un polo *flash* ya congelado, porque no da tiempo durante la experiencia a que se congele). Se explica que el envase del líquido está cerrado para que el líquido no se salga, y que dentro de la nevera la temperatura es muy baja, por lo que dentro de ella los líquidos «se congelan». Se introduce el envase y al rato se saca el polo *flash* congelado. Se pregunta: «¿El polo en qué estado está: sólido, líquido o gaseoso?»; «*Si lo ponemos en el congelador, ¿qué le pasará?*».

En el primer ciclo, la experiencia tuvo muy buenos resultados de aprendizaje, gracias al alto interés en la manipulación y en percibir las sensaciones que se ofrecían. Pudieron comprobar las características del polo *flash* líquido («blandito», «sí [ante la pregunta: «¿*Se mueve por dentro?*»] y las del sólido («está frío, el anterior no», «duro», «está quieto», «está congelado», «ha vuelto», «¡ha cambiado de color!»).

Así mismo, cuando los niños dibujan (figura 4), existe un mayor número de producciones relacionadas con el proceso y disminuyen las alusiones a objetos que nada tienen que ver con la experiencia realizada (como las manzanas). Es más usual que dibujen una montaña o una palmera congelada, incluso cubitos de hielo, nieve e icebergs.

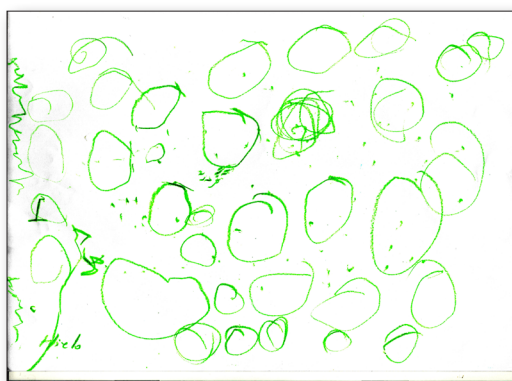


Fig. 4. Dibujo de cubitos de hielo.

En el segundo ciclo, al principio, cuando manipulan el polo *flash* líquido, algunos dicen que está «derretido», «porque ha pasado mucho tiempo», pero la mayoría lo aprecia como frío y duro (sólido), porque dicen que esos helados siempre están así. Es entonces cuando se les muestra el proceso de enfriamiento, al introducirlos en hielo (figura 5). Les cuesta predecir qué va a pasar, porque para ellos ya está congelado previamente (incluso la mayoría piensa que se va a derretir). Una vez que ven cómo el mismo helado sale congelado, sí aprecian la diferencia con el primero. Solo ahora, viendo los dos juntos, aprecian la diferencia entre el líquido y el sólido. Uno está frío y duro (se les dice que el sólido no fluye) porque está en el congelador, y el otro está blando y caliente (se les dice que el líquido fluye). Ahora parece que sí comprenden el hielo del congelador como causante del cambio de estado del helado.

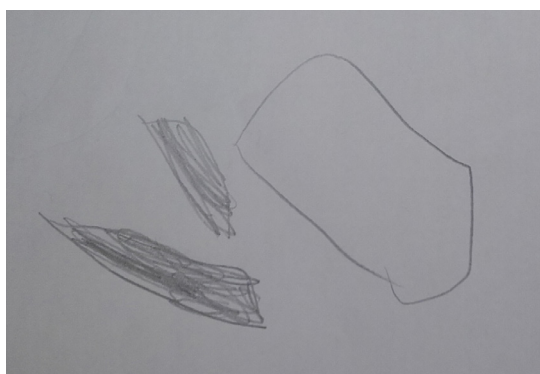


Fig. 5. Dibujo en el que se aprecia que el hielo hace que el polo *flash* cambie de estado.

Tabla 5.

Resultados obtenidos en la tercera fase de la secuencia didáctica
¿Los cambios de estado se dan *con otros productos distintos al agua*?
Congelación de un polo flash [Se trabajan los objetivos 1, 2, 3 y 5 ya comentados]

Nivel	Ideas previas	Objetivos conseguidos	Objetivos no conseguidos
1.º y 2.º ciclo	Confunden las características de los sólidos y líquidos.	<ul style="list-style-type: none"> – Hielo del congelador como causante del cambio de estado del líquido a sólido. – Características de estos sólidos y líquidos (temperatura, dureza y fluidez). 	Éxito generalizado.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados al inicio de la experiencia educativa, se concluye lo que sigue.

Mediante API, se ha aportado un referente empírico sobre los cambios de estado del agua, y otros productos, a escolares de infantil; y se les ha conducido a la realización de predicciones y a la experimentación, promoviendo el razonamiento durante el proceso. En ambos ciclos se desarrollan emociones muy positivas durante el transcurso de la secuencia didáctica, no solo por la manipulación de materiales, o por ser preguntados y poder expresar sus ideas, sino también cuando descubren fenómenos y explicaciones que pasan a ser «comprensibles» para ellos. Esos retos alcanzados les suponen una gran satisfacción en ambos niveles (por ejemplo, identificar los sólidos y los líquidos de los productos que se han utilizado, o hacer predicciones que se acaban cumpliendo). Según Harlen (2008), es necesario

que los escolares dispongan de ejemplos empíricos específicos de referencia para construir, en niveles superiores, conceptos abstractos. Asimismo, Kamii y DeVries (1993) afirman que el objetivo de las actividades sobre fenómenos físicos en infantil no es tanto enseñar conceptos, principios o explicaciones, como dar a los niños la oportunidad de construir los cimientos para su comprensión científica. Este tipo de experiencias, como la de Hinojosa y Sanmartí (2016), son necesarias para que los niños, con un pensamiento lógico básico, se inicien en los procesos elementales de la ciencia.

En general, los escolares han mostrado un alto interés por el descubrimiento y la manipulación del hielo, así como por experiencias sensoriales con los materiales empleados. Además, en ambos ciclos las actividades realizadas en el aula han desarrollado en los alumnos emociones y actitudes positivas (curiosidad, entusiasmo, atención...), destacando la dramatización sobre los procesos de «enfriamiento» y «calentamiento», la manipulación de los polos *flash*, o la fusión del chocolate.

En ambos ciclos, la mayoría ha aprendido a identificar, a través de atributos perceptibles, tanto el agua sólida como el agua líquida, mediante características propias de los sólidos (dureza) y de los líquidos (fluidez). En la manipulación con los polos *flash*, estos conocimientos se asimilaban con mayor éxito, ya que en las actividades anteriores (fusión del hielo y fusión del chocolate) todavía se apreciaban confusiones. La caracterización conseguida sintoniza con Prieto, Blanco y González (2000), cuando afirman que los niños de infantil son capaces de clasificar adecuadamente los líquidos como tales porque «los puedes verter».

En cuanto a la asociación entre los procesos de «calentar» o «enfriar» y la secuencia sólido - líquido - vapor, en la clase del primer ciclo una minoría entiende que al calentar el agua pasa de sólido a líquido, y con un mayor calentamiento pasa a vapor. Pero nadie consigue entender el proceso inverso, que se produce al «enfriar». En el segundo ciclo, las afirmaciones adecuadas pasan a ser mayoritarias, e incluso identificamos que son capaces de entender que «el enfriamiento» provoca la congelación del agua. La condensación del vapor todavía no es comprensible para nadie. De hecho, según afirman Martín del Pozo *et al.* (2013), tampoco lo es incluso para muchos niños del tercer ciclo de primaria.

Cuando intentan aplicar dicha asociación a la fusión del chocolate, en ambos ciclos son capaces de establecer predicciones válidas («con el calor se derretirá»); aunque paralelamente aparecen algunos casos confusos en sus explicaciones gráficas, tales como considerar el hielo como causa de la fusión del chocolate. Con la actividad del polo *flash* definitivamente asocian «enfriar» con cambio de líquido a sólido (cuando el polo *flash* se introduce en la nevera con hielos).

Con respecto a la comprensión de la conservación de la identidad de la materia en la fusión del hielo, en el primer ciclo comienzan sintiendo la textura del hielo, sin interesarse por la identidad de la sustancia. Ya en el segundo ciclo (3-4 años), la mitad del alumnado conoce que el agua líquida procede del hielo. El estado gaseoso es difícil para ellos, aun haciéndolo perceptible mediante la transposición didáctica mostrada en este trabajo (el vapor de agua pretende ser el gas en el que se transforma el líquido acuoso al calentarse). En el caso de chocolate fue muy similar. En el segundo ciclo, la mitad de la clase parece asimilar que la identidad del chocolate se mantiene al cambiar de estado, por lo que aplican la conservación de la identidad de la materia. No obstante, es cierto que se debe atender en próximas intervenciones a aquellos alumnos que manifiestan confusión en los conceptos aprendidos (por ejemplo, agua como producto de la fusión del chocolate). Esto último puede ser debido a que el alumnado de infantil tenga en su esquema mental el agua como prototipo de líquidos (Prieto, Blanco y González, 2000).

Como ya se ha comentado, esta experiencia de aula tiene por objeto servir como primer paso para presentar al alumnado de infantil elementos concretos que lo ayuden a asociar experiencias vividas con nociones precursoras de conceptos que deben ser afianzados en cursos superiores. Para poder establecer conclusiones más definitivas sobre la cuantificación de los avances conseguidos, será necesaria una investigación didáctica más rigurosa. En todo caso, el reto es continuar fomentando en infantil este tipo

de experiencias para aprender ciencia indagando, porque así los escolares llegarán a tomar conciencia de que la ciencia es un buen modo de conocer y comprender el mundo físico en el que viven y, además, puede ser divertida; un aspecto, este último, especialmente importante si se atiende a las emociones positivas como factor clave para aprender ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al proyecto de I+D Excelencia EDU2013-41003-P (Ministerio de Economía y Competitividad).

BIBLIOGRAFÍA

- AA. VV. (2003). Proyecto «La main à la pâte». Disponible en: <<http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/Ensenar%20ciencias%20en%20la%20escuela%20ESP%20full.pdf.pdf>>.
- BINTI, F. y MOHD, R. (2014). How do Primary School Students Acquire the Skill of Making Hypothesis. *The Malaysian Online Journal of Educational Science*, 2 (2), pp. 20-26.
- BURTSCHER, I. M. (2011). *Pequeños-grandes científicos. Experimentos con el agua, aire, los fenómenos atmosféricos, el sol y la luna y el tiempo*. Madrid: Narcea.
- CAÑAL, P. (2006). La alfabetización científica en la infancia. *Aula de Infantil*, 33, pp. 5-9.
- CAÑAL, P.; GARCÍA-CARMONA, A. y CRUZ-GUZMÁN, M. (2016), *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Madrid: Paraninfo.
- CRUZ-GUZMÁN, M.; GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A. M. (2017). An analysis of the questions proposed by elementary pre-service teachers when designing experimental activities as inquiry. *International Journal of Science Education*, pp. 1-20.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1351649>.
- CUTLER, K.; BERSANI, C.; HUTCHINS, P.; BOWNE, M.; LASH, M.; KROEGER, J.; BROKMEIER, S.; VENHUIZEN, L. y BLACK, F. (2012). Laboratory Schools as Places of Inquiry: A Collaborative Journey for Two Laboratory Schools. *Early Education and Development*, 23 (2), pp. 242-258.
<https://doi.org/10.1080/10409289.2012.647609>.
- DE LA BLANCA, S.; HIDALGO, J. y BURGOS, C. (2013). Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 979-983.
- DE PUIG, I. y SÁTIRO, A. (2011). *Jugar a pensar con niños y niñas de 4 a 5 años (5.ª ed.)*. Barcelona: Octaedro.
- DELVAL, J. (2002). *El desarrollo humano*. Madrid: Siglo XXI.
- DÍEZ, C. (2009). Siguiendo pistas. *Investigación en la Escuela*, 67, pp. 51-61.
- DUSCHL, R. A.; SCHWEINGRUBER, H. A. y SHOUSE, A. W. (2006). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- ESHACH, H. y FRIED, M. N. (2005). Should science be taught in Early Childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14 (3), pp. 315-336.
<https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9>.
- GARCÍA-CARMONA, A.; CRIADO, A. M. y CAÑAL, P. (2014). Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (2), pp. 131-149.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.817>.

- GAROÑA, P.; JIMÉNEZ, R.; LASECA, A.; LUEZAS, R. y RUIZ B. (2014). *Proyecto de investigación científica en educación infantil y primaria*. Grupo de trabajo «La ciencia en la escuela». Disponible en: <www.csicnlaescuela.csic.es>.
- GÓMEZ-MONTILLA, C. y RUIZ-GALLARDO, J. R. (2016). El rincón de la ciencia y la actitud hacia las ciencias en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (3), pp. 643-666.
- HARLEN, W. (2008). Science as a key component of the primary curriculum: a rationale with policy implications. *Primary Science*, 1, pp. 4-18.
- HARLEN, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7 (2), pp. 9-33.
- HERAKLEIOTI, E. y PANTIDOS, P. (2016). The Contribution of the Human Body in Young Children's Explanations about Shadow Formation. *Research in Science Education*, 46 (1), pp. 21-42. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9458-2>.
- HINOJOSA, J. y SANMARTÍ, N. (2016). Indagando en el aula de ciencias: primeros pasos. *27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Badajoz: Universidad de Extremadura/Ápice.
- HSIN, C. y WU, H. J (2011). Using Scaffolding Strategies to Promote Young Children's Scientific Understandings of Floating and Sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20 (5), pp. 656-666. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9310-7>.
- IMPEDOVO, M. A.; DELSERIEYS-PEDREGOSA, A.; JÉGOU, C. y RAVANIS, K. (2017). Shadow Formation at Preschool from a Socio-materiality Perspective. *Research in Science Education*, 47 (3), pp. 579-601. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9518-x>
- IZQUIERDO, M. (coord.) (2012). *Química en infantil y primaria. Una nueva mirada*. Barcelona: Graó.
- JOHNSTON, J. S. (2009). What does the skill of observation look like in young children? *International Journal of Science Education*, 31 (18), pp. 2511-2525. <https://doi.org/10.1080/09500690802644637>.
- KAMBOURI, M. y MICHAELIDES, A. (2014) Using drama techniques for the teaching of early years science: a case study. *Journal of Emergent Science*, 7, pp. 7-14.
- KAMII, C. y DeVRIES, R. (1993). *Physical knowledge in preschool education: Implications of Piaget's theory*. New York: Teachers College Press.
- KOHLHAUF, L.; RUTKE, U. y NEUHAUS, B. J. (2011). Influence of Previous Knowledge, Language Skills and Domain-specific Interest on Observation Competency. *Journal of Science Education and Technology*, 20, pp. 667-678. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9322-3>.
- MALLEUS, E.; KIKAS, E. y MARKEN, T. (2017). Kindergarten and primary school children's everyday, synthetic, and scientific concepts of clouds and rainfall. *Research in Science Education*, 47 (3), pp. 539-558. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9516-z>.
- MARTÍ, J. (2012). *Aprender ciencias en la educación primaria*. Barcelona: Graó.
- MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; CANO, M. A.; GINER, A.; GUIJARRO, I.; FAUS, I.; GUINEA, A. y URIOS, R. (2002). Ampliando las actividades temáticas en la educación infantil: diseño, puesta en práctica y evaluación de una secuencia problematizada de actividades sobre el aire y sus propiedades para niños de 5 a 7 años. *Alambique*, 32, pp. 80-91.
- NAYFELD, I.; BRENNEMAN, K. y GELMAN, R. (2011). Science in the Classroom: Finding a Balance Between Autonomous Exploration and Teacher-Led Instruction in Preschool Settings. *Early Education and Development*, 22 (6), pp. 970-988. <https://doi.org/10.1080/10409289.2010.507496>.

- PETERSON, S. M. y FRENCH, L. (2008). Supporting young children's explanations through inquiry science in preschool. *Early Childhood Research Quarterly*, 23 (3), pp. 395-408.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2008.01.003>.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1974). *The child's construction of quantities: Conservation and atomism* (Translated by A. J. Pomerans). London: Routledge & Kegan Paul.
- PRIETO, T.; BLANCO, A. y GONZÁLEZ, F. (2000). *La materia y los materiales*. Madrid: Editorial Síntesis.
- ROMERO, D. (2000). Los animales que viven con nosotros. Una experiencia en educación infantil. *Investigación en la Escuela*, 40, pp. 77-86.
- SIRY, C. y KREMER, I. (2011). Children explain the rainbow: using young children's ideas to guide science curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 20, pp. 643-655.
<https://doi.org/10.1007/s10956-011-9320-5>.

Sequences of question-prediction-testing to learn about the states of matter in Preschool Education

Marta Cruz-Guzmán, Antonio García-Carmona, Ana M. Criado
Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla.
mcruzguzman@us.es, garcia-carmona@us.es, acriado@us.es

Even if it has difficulties and constraints, inquiry-based learning is currently considered one of the most suitable approaches for children to learn science by doing science. In order to promote this educational approach in Preschool Education, a teaching intervention through sequences of question - prediction - testing was designed. The participants were 83 children (2 to 4 years old), and the chosen science content concerned changes of state of water, chocolate and ice pops.

The purposes of this educational experience were the following:

- To use the inquiry based learning (IBL) model to bring science to preschool children, encouraging the formulation of predictions and the experimentation with guided reasoning. With these sequences, children could test their own ideas, suitable or alternative ones, while they got positive emotions towards science.
- To explore the achievements related to the characterization of the states of the water, chocolate and ice pops.
- To explore the progress that children are able to do (at an association level) when they observe changes in water, chocolate and ice pops, and argue about it:

When temperature increases, warming up, the sequence solid - liquid - vapour occurs, and when temperature decreases, cooling down, the sequence happens in reverse order.

- To know if children are able to hold notions such as that substance identity does not change during a change of state, even though appearance is different. After learning it with water, we want to know if children can adapt and implement what has been learned to another matter, like chocolate.
- To determine the effectiveness of the implementation of the educational sequence in Preschool Education (2-3 and 3-4-years-olds).

Our conclusions were based on the findings of this experience, and they are listed as follows:

- Through-inquiry based learning, preschool children had an experimental model about changes of state of water and other products. They liked to manipulate materials, to be asked, to be able to express their own ideas, and to discover what some previous non-understandable explanations mean now.
- In general, pupils had been very interested both in the ice manipulation and in the sensory experiences. In both educational levels, children developed positive emotions during the educational sequence, such as curiosity, enthusiasm, interest, etc... The most emotive activities were the dramatization of the «heating» and «cooling» processes, the ice pops manipulation and the chocolate fusion.
- In both educational levels, most of the children identified both solid water and liquid water through specific solid and liquid noticeable features (hardness / fluidity).
- Only a few children from the first level understood the «heating» or «cooling» association with the corresponding tier «solid-liquid-vapour». Thus, a minority had understood that when heating water, it changes from solid state into liquid state, and that if the liquid water is heated even more, it turns into water steam. But no child seemed to understand the reverse process produced by cooling. On the contrary, in the second level, correct answers are the most common, since, the children were able to realize that cooling makes water to freeze. However, nobody understood the process of condensation of water vapour.
- When children tried to apply these notions' association to the chocolate fusion, in both educational levels children were able to formulate valid predictions («it will melt when heated»); although at the same time, there were mistakes in some of their explanations (drawings), such as considering ice the reason of the chocolate fusion. With the ice pops activity, they definitively associated «cooling down» to the change of state from liquid to solid (it occurs when the liquid ice pop gets inside the ice-box).
- In connection with the children's idea that water identity does not change during ice fusion, children from first level started feeling the ice's texture, without any interest about its identity. In contrast, about half of children from second level knew that liquid water comes from ice. The chocolate case was very similar, as the same number of older children comprehended that chocolate identity does not change during a state change. The understanding of gaseous state is still difficult for them.

This experience is considered the first step to show preschool students specific elements to help them to associate lived experiences to notions which are the forerunners of the concepts to be constructed in advanced courses. In any case, it will be necessary to perform more thorough educational research to stablish firm conclusions about the progress observed.

